

УДК 676.262.014

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛЬНООСНОВНОГО
КАТИОННОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ БУМАЖНОЙ И КАРТОННОЙ ПРОДУКЦИИ**

д.т.н., профессор Черная Н.В.

д.т.н., профессор Шашок Ж.С.

к.т.н., доцент Усс Е.П.

аспирант Карпова С.В.

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, РБ

Аннотация. В работе рассмотрено влияние сополимера акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакриламида и способа его применения на свойства проклеенных макулатурных и целлюлозных суспензий и полученных на их основе клееных и мелованных образцов бумаги и картона.

Ключевые слова: проклейка, упрочнение, структурообразование, гетероадагуляция, флокуляция, адгезионное взаимодействие

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF APPLICATION OF STRONG-BASIC CATION
POLYELECTROLYTE IN PRODUCING HIGH-QUALITY PAPER AND CARDBOARD
PRODUCTS**

Chernaya N.V.

Shashok Zh.S.

Uss E.P.

Karpova S.V.

«Belarusian State Technological University», Minsk, RB

Annotation. The abstracts considered the influence of a copolymer of acrylamide with methylene chloride of dimethylamminopropylacrylamide and the method of its application on the properties of glued waste paper and cellulose suspensions and glued and coated paper and cardboard samples obtained on their basis.

Key words: sizing, hardening, structure formation, heteroadagulation, flocculation, adhesive interaction

Актуальность исследования состоит в том, что впервые изучены способы применения сильноосновного катионного полиэлектролита (сополимера акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакриламида) в макулатурных и целлюлозных суспензиях, проклеенных в разработанном нами режиме гетероадагуляции вместо традиционного режима гомотоагуляции. Изменение структуры, дисперсности и электрокинетического потенциала проклеивающих комплексов позволяет заменить крупнодисперсные разнопотенциальные коагуляты на мелкодисперсные положительно заряженные пептизированные частицы. Существующая технология использования сильноосновного катионного полиэлектролита основана на введении его в волокнистую суспензию, проклеенную в режиме гомотоагуляции и обеспечении процесса флокуляции. Однако неизученными остаются, во-первых, особенности применения сильноосновного катионного полиэлектролита в волокнистых суспензиях, проклеенных в режиме гетероадагуляции, и полученных на их основе клееных видов бумаги и картона и, во-вторых, вопрос о его влиянии на адгезионное взаимодействие поверхности бумаги-основы и картона-основы с

компонентами мелованного покрытия, содержащего разработанное нами синтетическое связующее вместо традиционно применяемых «проблемных» природных, и печатные свойства мелованной продукции.

Отсутствие в научной и технической литературе отсутствует информация о влиянии сильноосновного катионного полиэлектролита на свойства волокнистых суспензий и полученных на их основе клееных видов бумаги и картона, а также на эффективность процесса последующего их мелования с использованием синтетического связующего вместо природных обуславливает актуальность настоящего исследования с научной и практической точек зрения.

Анализ публикаций по теме свидетельствует о том, что технология получения высококачественной бумажной и картонной продукции, отличающейся свойствами и областью применения, основана на практическом использовании научно обоснованных способов по двум основным направлениям [1, 2]. Первое направление относится к совершенствованию технологии клееных видов бумаги и картона на основе получения проклеенных волокнистых суспензий с улучшенными гидрофобизирующими и структурообразующими свойствами и изготовления из них клееных видов бумаги и картона по ресурсосберегающим технологиям. Второе направление относится к совершенствованию технологии последующего мелования бумаги и картона; к перспективным способам относится способ, основанный на замене комплекса «проблемных» природных связующих на синтетические.

В технологии клееных видов бумаги и картона для осуществления процесса флокуляции широко применяют сильноосновные катионные полиэлектролиты [3, 4]. Их добавляют в волокнистые суспензии, проклеенные в режиме гомотокоагуляции. Проклеивающие комплексы представляют собой крупнодисперсные разнотенциальные коагуляты [5], образовавшиеся при коллоидно-химическом взаимодействии частиц дисперсной фазы канифольной эмульсии с положительно заряженными формами гидроксосоединений алюминия, введенными с раствором электролита. Образовавшиеся коагуляты не способны равномерно распределяться и прочно фиксироваться на поверхности волокон [6]. Основными недостатками являются, во-первых, низкое удержание коагулятов в структуре бумаги и картона и достаточно высокие их потери на стадии обезвоживания проклеенных волокнистых суспензий и, во-вторых, невысокое качество бумаги и картона из-за снижения их гидрофобности, прочности и влагонепрочности. Поэтому нерешенной остается проблема изменения структуры проклеивающих комплексов, а также повышения их дисперсности и электрокинетического потенциала.

В технологии мелования используют составы [7], содержащие пигменты (1-2 соединения), диспергаторы (1-2 соединения), «связующие» (3 природных соединения и 1 синтетическое) и вспомогательные вещества функционального назначения (6-9 соединений). Важную роль в когезионных и адгезионных взаимодействиях между частицами пигментов и мелованного покрытия с поверхностью бумаги-основы и картона-основы соответственно играют «связующие» вещества. Неоднократные попытки исследователей заменить «проблемные» природные связующие и синтетические приводили к удорожанию мелованного покрытия и повышению себестоимости мелованных видов бумаги и картона, что сдерживало их практическое применение.

Цель исследования состоит в разработке ресурсосберегающей технологии получения высококачественной продукции на основе установления закономерностей влияния способов применения сильноосновного катионного полиэлектролита на свойства волокнистых

суспензий, проклеенных в режиме гетероадагуляции, и полученных на их основе клееных и мелованных видов листовых материалов.

Объектами исследования являлись волокнистые суспензии, полученные из вторичных (макулатуры) и первичных (целлюлозы) волокнистых полуфабрикатов и отличающиеся последовательностью введения в них функциональных химических веществ:

- последовательность 1 «канифольная эмульсия – электролит – сильноосновной катионный полиэлектролит»;
- последовательность 2 «канифольная эмульсия – сильноосновной катионный полиэлектролит – электролит»;
- последовательность 3 «сильноосновной катионный полиэлектролит – канифольная эмульсия – электролит».

Образцами сравнения являлись проклеенные волокнистые суспензии, полученные по существующей технологии и содержащие проклеивающие комплексы в виде крупнодисперсных разнотенциальных коагулятов [2]. Мелованными образцами сравнения являлись пробы отобранных промышленных партий продукции: бумаги марок ДО (ГОСТ 21444-75) и ДЧ (ГОСТ 9095-89) и картона полиграфического марок FBB и SBB.

На первом этапе установлены закономерности влияния сильноосновного катионного полиэлектролита (R , % от а. с. в.) на степень удержания волокон ($СТУ_v$, %) и проклеивающих комплексов ($СТУ_k$, %) в структуре клееных образцов бумаги и картона, изготовленных из макулатурных суспензий (рис.), что позволило определить предпочтительное его содержание ($R_{пр}$) в зависимости от способа применения.

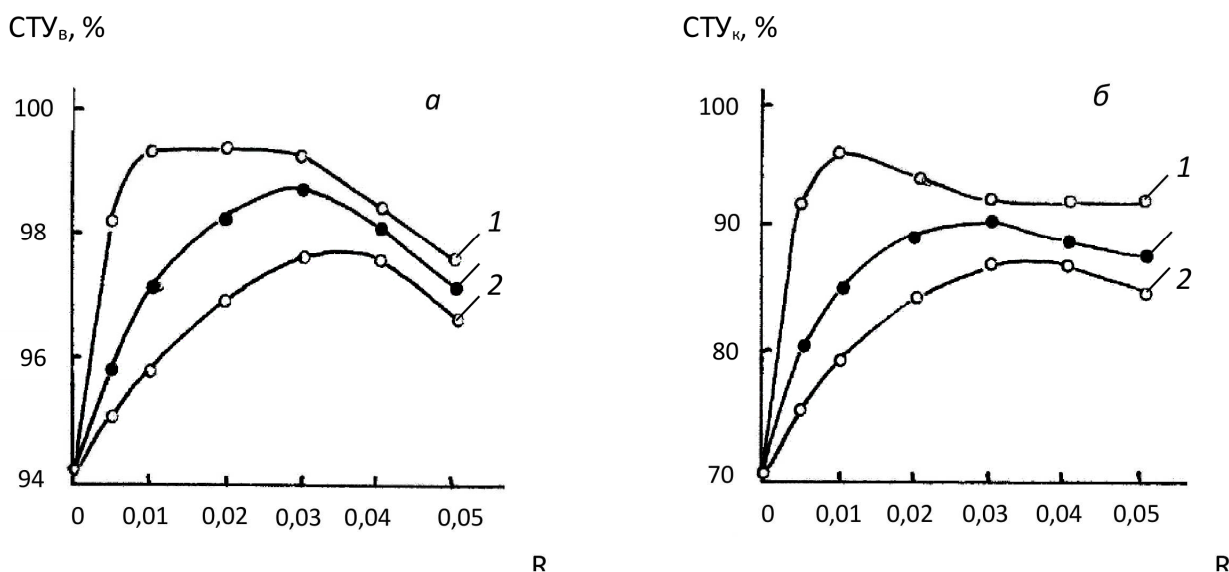
Максимальные значения $СТУ_v$ и $СТУ_k$ свидетельствуют о целесообразности использования полиэлектролита в количестве $0,010 \leq R_{пр} \leq 0,030\%$ от а. с. в., в то время как по существующей технологии $0,050 \leq R \leq 0,070\%$ от а. с. в. Установлено, что в макулатурных суспензиях эффективность применения полиэлектролита увеличивается в ряду: последовательность 3 ($R_{пр} = 0,030\%$ от а. с. в.) \leq последовательность 2 ($R_{пр} = 0,025\%$ от а. с. в.) \leq последовательность 1 ($R_{пр} = 0,010\%$ от а. с. в.). Использование последовательности 1 вместо последовательностей 2 и 3 способствует экономии полиэлектролита в 2,5–3,0 раза, а также повышению степени удержания волокон $СТУ_v$ от 96,5 до 99,2% (на 2,7%) и проклеивающих комплексов $СТУ_k$ от 85,0 до 95,0% (на 10,0%). Следствием этого является снижение содержания сухих веществ в подсеточной воде (C) от 11,8 мг/л (существующая технология) до 2,8 мг/л (разработанная технология).

Аналогичные закономерности $СТУ_v = f(R)$ и $СТУ_k = f(R)$ установлены для целлюлозных суспензий. Отличие состоит в снижении предпочтительного содержания сильноосновного катионного полиэлектролита $R_{пр}$ на 0,002–0,005% от а. с. в., при котором происходит дальнейшее улучшение свойств проклеенных волокнистых суспензий. Об этом свидетельствуют высокое удержание присутствующих компонентов ($СТУ_v = 99,8\%$, $СТУ_k = 97,6\%$) и дальнейшее снижение загрязненности оборотных вод до $C = 1,8$ мг/л.

Закономерности $СТУ_v = f(R)$ и $СТУ_k = f(R)$, полученные для проклеенных макулатурных и целлюлозных суспензий, позволяют объяснить достигаемые положительные эффекты совокупностью последовательно протекающих процессов:

- последовательность 1 – коллоидно-химические и электростатические взаимодействия, гетероадагуляция, связеобразование, упрочнение и флокуляция;
- последовательность 2 – гомокоагуляция, флокуляция, коллоидно-химические и электростатические взаимодействия, связеобразование и упрочнение;

последовательность 3 – флокуляция, коллоидно-химические и электростатические взаимодействия, коагуляция и гомокоагуляция.



1 – последовательность 1; 2 – последовательность 2; 3 – последовательность 3
 Рисунок – Закономерности $СТУ_v = f(R)$ (а) и $СТУ_k = f(R)$ (б) в зависимости от последовательности введения в волокнистые суспензии химических веществ

Установлено, что одним из основных условий повышения эффективности применения сильноосновного катионного полиэлектролита является смещение процесса проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции. Следствием этого является снижение $R_{пр}$ в 2,5–3,0 раза, а также улучшение бумагообразующих свойств проклеенных суспензий и, следовательно, повышение качества бумаги и картона на 5–15%. Об этом свидетельствуют данные таблицы, в которой для макулатурных (числитель) и целлюлозных (знаменатель) суспензий приняты следующие условные обозначения: рН – значение рН 0,1%-ной проклеенной волокнистой суспензии перед ее обезвоживанием; С – содержание сухих веществ в подсеточной воде, удаляемой при обезвоживании проклеенных суспензий и формировании из них листовых материалов, мг/л; $СТУ_v$ и $СТУ_{пк}$ – степень удержания волокон и проклеивающих комплексов в структуре полученного листового материала соответственно, %; Y_1 – впитываемость при одностороннем смачивании, г/м²; Y_2 – степень проклейки по штриховому методу, мм; Y_3 – влагопрочность, %; Y_4 – разрывная длина, м.

Из таблицы видно, что использование последовательности 1 «канифольная эмульсия – электролит – сильноосновной катионный полиэлектролит», когда процесс проклейки смещается из режима гомокоагуляции в режим гетероадагуляции, позволяет повысить качество бумаги на 5-15%, а также максимально приблизить рН проклеенных макулатурных и целлюлозных суспензий к нейтральной области и дополнительно повысить экологическую безопасность производства за счет снижения содержания сухих веществ в подсеточной воде от 8,6-11,8 до 1,8-2,8 мг/л (в 4,2-4,8 раза).

Таблица – Влияние сильноосновного катионного полиэлектролита ($R_{пр}$) на свойства макулатурных (числитель) и целлюлозных (знаменатель) суспензий и качество образцов бумаги

$R_{пр}$, % от а. с. в.	Свойства волокнистой суспензии				Качество образцов бумаги			
	pH	C, мг/л	СТУ _в , %	СТУ _к , %	Y ₁ , г/м ²	Y ₂ , мм	Y ₃ , м	Y ₄ , %
Последовательность 1								
<u>0,010</u>	<u>7,0</u>	<u>2,8</u>	<u>99,2</u>	<u>95,0</u>	<u>27</u>	<u>1,6</u>	<u>4300</u>	<u>3,0</u>
0,008	6,7	1,8	99,8	97,6	22	1,4	5480	4,2
Последовательность 2								
<u>0,025</u>	<u>6,8</u>	<u>3,0</u>	<u>98,2</u>	<u>86,4</u>	<u>22</u>	<u>2,0</u>	<u>4780</u>	<u>4,5</u>
0,020	6,5	2,2	99,4	90,4	18	1,8	5680	5,7
Последовательность 3								
<u>0,030</u>	<u>6,5</u>	<u>3,4</u>	<u>96,5</u>	<u>85,0</u>	<u>26</u>	<u>1,6</u>	<u>4600</u>	<u>4,0</u>
0,025	6,3	2,4	97,8	88,4	23	1,4	5860	5,2
Образцы сравнения								
<u>0,070</u>	<u>6,3</u>	<u>11,8</u>	<u>94,4</u>	<u>70,4</u>	<u>29</u>	<u>1,2</u>	<u>2550</u>	<u>2,5</u>
0,050	6,0	8,6	96,8	76,2	24	1,4	4980	3,4

Следовательно, ресурсосбережение в технологии клееных видов бумаги и картона обусловлено следующими достигаемыми положительными эффектами: 1) уменьшается расход сильноосновного катионного полиэлектролита от 0,050-0,070% от а. с. в. (существующая технология) до 0,008–0,010% от а. с. в. (разработанная технология); 2) обеспечивается экономия 3,0-4,8% волокнистых полуфабрикатов за счет повышения степени удержания волокон (СТУ_в) от 94,4-96,8 до 99,2-99,8%; 3) сокращается на 21,4-24,6% необходимость присутствия проклеивающих комплексов за счет увеличения их степени удержания (СТУ_к) от 70,4-76,2 до 95,0-97,6%.

На втором этапе исследовали свойства мелованных образцов бумаги и картона, отличающихся от известных аналогов структурой (вместо коагулятов присутствовали пептизированные частицы) и рецептурой меловальных паст (вместо комплекса природных соединений использовали одно разработанное синтетическое в виде модифицированного карбамидоформальдегидного олигомера). Целлюлозные образцы бумаги моделировали бумагу-основу для мелования марок ДО и ДЧ и покровные слои полиграфического картона марок FBB и SBB, а макулатурные исследовали для определения возможности их использования вместо целлюлозных. Рецептуры приготовленных меловальных паст получали по существующей и предлагаемой технологиям. Они отличались тем, что вместо комплекса природных соединений (4,7 мас. ч.), включающего крахмал окисленный (2,0 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,7 мас. ч.) и казеиновый клей (2,0 мас. ч.), они содержали синтетическое связующее (3,2 мас. ч.), представляющее собой впервые синтезированный нами модифицированный карбамидоформальдегидный олигомер.

Мелованные образцы бумаги и картона имели регламентируемые массоемкость и толщину. Они обладали улучшенными показателями качества: белизна – 86-87% (норма – не менее 85%), стойкость поверхности к выщипыванию – 2,3-2,4 см (норма – не менее 2,2 см) и гладкость – 254-280 с (норма – не менее 250 с.).

Следовательно, присутствие сильноосновного катионного полиэлектролита в структуре бумаги-основы и картона-основы способствует повышению (на 3–6%) печатных свойств полученных на их основе мелованных образцов. Одной из основных причин является

улучшение адгезионных взаимодействий между поверхностью бумаги-основы и картона-основы с компонентами (в особенности пигментами) мелованного покрытия

Таким образом, разработанная технология применения сильноосновного катионного полиэлектролита в макулатурных и целлюлозных суспензиях, проклеенных в разработанном режиме гетероадагуляции вместо традиционного режима гомокоагуляции, позволяет уменьшить его расход в 6,3–7,0 раз, а также сэкономить 3,0–4,8% волокнистых полуфабрикатов и сократить на 21,4–24,6% необходимость присутствия в структуре бумаги и картона проклеивающих комплексов. Последующее мелование клееных видов бумаги и картона с использованием в рецептуре мелованной пасты разработанного нами модифицированного карбамидоформальдегидного олигомера вместо комплекса природных (натрийкарбоксиметилцеллюлоза, крахмал окисленный и казеиновый клей) позволяет уменьшить расход связующих от 4,7 до 3,2 мас. ч. (на 31,9%).

Список используемых источников:

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.

2. Черная, Н.В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона (монография) / Н.В. Черная. – Минск: БГТУ, 2009. – 394 с.

3. Хованский, В.В. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона: учебное пособие / В.В. Хованский, В.К. Дубовый, П.М. Кейзер // СПб.: СПбГТУРП, 2013. – 151 с.

4. Кожевников, С.Ю. Упрочнение бумаги синтетической катионно-анионной полиакриламидной смолой / С.Ю. Кожевников, С.Л. Андреева // Химия растительного сырья, 2011. – № 2. – С. 177–182.

5. Черная, Н.В. Концептуальное развитие теории и технологии проклейки бумаги и картона гидродисперсиями модифицированной канифоли в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц / Н.В. Черная // Полимерные материалы и технологии, 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 76–90.

6. Chernaya, N.V. The creation and implementation of the resource-conserving technology of paper and paperboard sizing with hydro-dispersions of modified rosin in mode of hetero-adagulation of peptized particles / N.V. Chernaya, V.L. Fleisher, N.V. Zholnerovich N.V. // PNRPU. Appliedecology. Urbandevelopment. 2017, – No 2. PP. 87–101. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.08.

7. Карпова, С.В. Изучение свойств мелованной бумаги при замене природного связующего на новое синтетическое / С.В. Карпова, Н.В. Черная // «Химия и химическая технология переработки растительного сырья»: материалы докладов Международной научно-технической конференции, г. Минск, 10–12 октября 2018 г. Минск: БГТУ, 2018. – С. 187–191.